

PEMBUATAN MODEL PERMUKAAN TANAH DIGITAL KAMPUS ITERA MENGUNAKAN TEKNIK FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT DARI WAHANA NIRAWAK (STUDI KASUS : 25 HA KAMPUS ITERA)

Freddy Doni Hutson Pane

Program Studi Teknik Geomatika – Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan
Institut Teknologi Sumatera
fdhp.doni@hotmail.com

Deni Suwardhi, Dudung Muhally Hakim

Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika – Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan
Institut Teknologi Bandung
denisuwardhi@gmail.com, dmhakim@gmail.com

ABSTRAK

Model terbaik untuk merepresentasikan bentuk tiga-dimensi dari permukaan tanah antara lain untuk keperluan penataan lanskap adalah *Digital Terrain Model* (DTM). Penelitian ini menggunakan teknik fotogrametri rentang dekat (*close range*) dengan memanfaatkan teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) untuk pembuatan DTM. Foto udara yang dihasilkan diolah dengan dua cara yang berbeda, yakni secara otomatis dan manual. Pengolahan secara otomatis menghasilkan *Digital Surface Model* (DSM) yang masih memiliki ketinggian bangunan dan vegetasi. Penurunan DSM ke DTM dilakukan dengan *filtering*. Ada dua jenis *filtering* yang dapat dilakukan, yakni *Simple Morphological* (SMRF) dan *Slope Based* (SBF). Pengolahan secara manual langsung menghasilkan DTM. Pengolahan secara otomatis dilakukan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan sedangkan pengolahan secara manual dilakukan menggunakan perangkat lunak Summit Evolution.

Produk yang diperoleh antara lain, ortophoto, DSM, DTM Otomatis, dan DTM Summit. Analisis yang dilakukan antara lain (i) melakukan uji kualitas dari ortophoto dan DSM; dan (ii) melakukan perbandingan DTM Otomatis dan DTM Summit dengan data lapangan. Analisis pertama dilakukan untuk mengetahui kehandalan teknologi UAV dalam menghasilkan produk fotogrametri. Analisis kedua dilakukan untuk mengetahui metode pengolahan mana yang menghasilkan produk dengan ketelitian lebih tinggi. Analisis dilakukan dengan dua cara yakni, membandingkan permukaan antara dua model dan membandingkan nilai Z (tinggi) titik-titik sampel antara dua model. Kesimpulan yang dapat diperoleh yakni, kualitas produk fotogrametri rentang dekat menggunakan teknologi UAV dan ketelitian DTM dari kedua metode pengolahan.

Kata Kunci: Fotogrametri, *Close Range*, DSM, UAV, DTM, *Slope Based*

1. PENGANTAR

Pemetaan konvensional mengenal kontur sebagai representasi tinggi dari permukaan tanah. Pada era digital, tinggi permukaan tanah direpresentasikan dengan model, yakni DTM (*Digital Terrain Model*). Pembuatan DTM dapat dilakukan dengan beberapa metode namun pada umumnya tidaklah mudah. DTM yang dihasilkan dari teknik fotogrametri memberikan hasil yang baik namun memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Pembuatan DTM dengan teknik *terrestrial* memberikan hasil terbaik namun dalam pelaksanaannya akan menjadi tidak efisien terutama untuk wilayah yang luas.

Dewasa ini, muncul teknologi baru yang berbasis fotogrametri dengan wahana pesawat nir-awak (*Unmanned Aerial Vehicle* - UAV) dan kamera non metrik. UAV umumnya dikendalikan oleh sebuah *remote control* yang dioperasikan oleh seorang pilot yang tidak berada dalam wahana. Teknologi ini memungkinkan akuisisi foto udara dari jarak dekat sehingga menghasilkan

citra dengan resolusi tinggi. Teknologi UAV tergolong murah jika dibandingkan dengan teknik fotogrametri yang selama ini biasa dipakai.

Foto udara yang dihasilkan dengan menggunakan teknik fotogrametri dapat diolah menjadi beberapa hasil akhir antara lain foto tegak (*orthophoto*), *geodatabase* (d/h peta topografi/RBI), dan DTM. Secara visual foto udara yang dihasilkan dari UAV tidak jauh berbeda dengan fotogrametri konvensional. Karena itu, dengan UAV bisa juga dihasilkan DTM. Sehingga, untuk keperluan tertentu dapat dijadikan sebagai alternatif.

2. AREA STUDI DAN DATA

2.1 Area Studi

Berdasarkan letak geografis, Area Studi Kasus : Kampus ITERA terletak pada 5°21'24.624" S sampai dengan 5°21'41.112" Lintang Selatan dan 105°18'45.37" sampai dengan 105°19'1.452" Bujur Timur. Sebelah Selatan area studi kasus ditandai dengan bundaran utama Itera. Sebelah

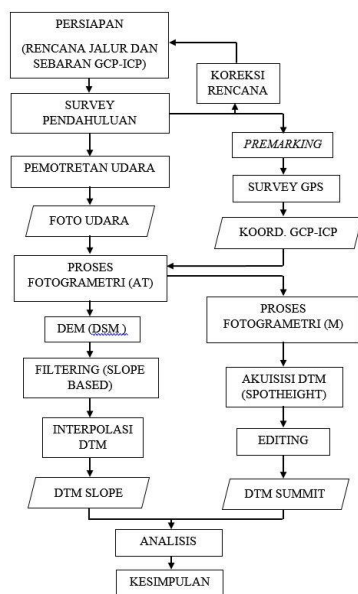
Timur area studi kasus ditandai dengan bundara di belakang Gedung B. Sebelah Barat ditandai dengan gedung *generator* listrik di sebelah Gedung D. Sebelah Utara area studi kasus dibatasi dengan jalan aspal. Luas wilayah studi kasus adalah sekitar 25 Ha dengan panjang 500 m dan lebar 500 m.

2.2 Data

Secara keseluruhan data yang digunakan merupakan data tunggal yang artinya diambil dengan menggunakan satu wahana. Jumlah total foto yang digunakan untuk keperluan pengolahan fotogrametri secara otomatis diperoleh 634 foto udara dan jumlah jalur sebanyak 15 buah. Perangkat lunak yang akan digunakan dalam pengolahan antara lain Agisoft PhotoScan Professional, Summit Evolution, SAGA-GIS, dan Global Mapper 17.

3. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini secara umum terbagi menjadi tiga tahapan, yaitu persiapan, pengambilan data, dan pengolahan data. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 . Diagram alir penelitian

3.1 Persiapan

Tahap persiapan terdiri atas beberapa bagian, antara lain perencanaan jalur terbang, perencanaan sebaran titik kontrol, survey pendahuluan, dan koreksi rencana. Koreksi rencana dilakukan setelah dilakukan survey pendahuluan terhadap rencana yang dibuat.

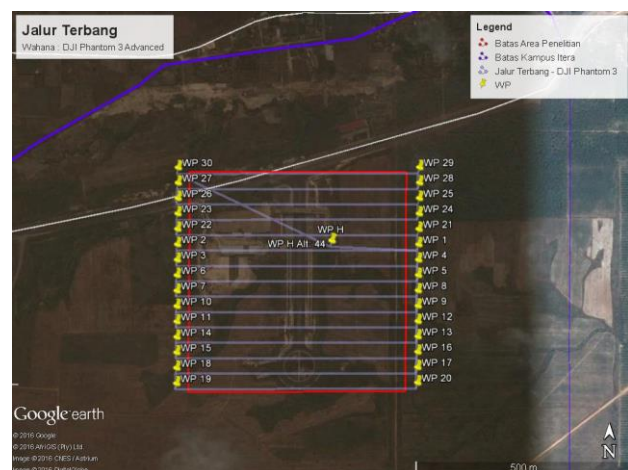
3.1.1 Perencanaan Jalur Terbang

Tabel 1 . Spesifikasi terbang

Wahana	DJI Phantom 3 Adv.
Tinggi Terbang	50 m
Resolusi (GSD)	2.08 cm
Lebar Footprint	85.46 m

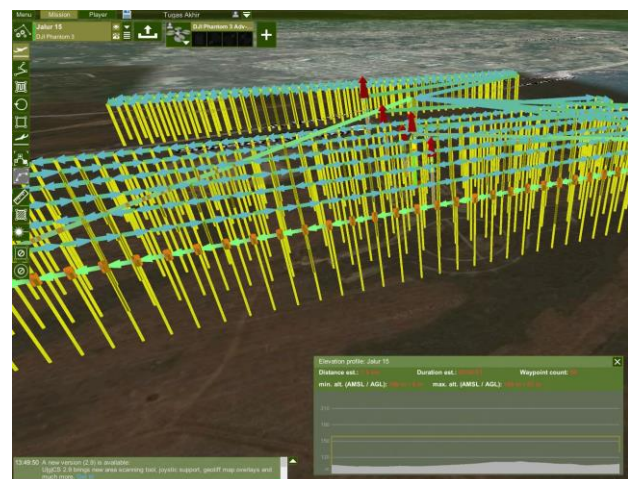
Tinggi Footprint	63.02 m
Overlap	80 %
Sidelap	60 %
Ground Speed	18 km/j
Shutter Interval	2.52 s
Jarak Antar Jalur	34.18 m
Panjang Jalur	592 m
Banyak Jalur	15
Total Jarak	8.88 km
Banyak Jalur Sekali Terbang	2
Basis Udara (B)	13 m

Gambar 2 menunjukkan rencana jalur terbang yang akan dilakukan.



Gambar 2 . Jalur terbang

Perencanaan jalur terbang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Mission Planner. Setelah jalur, kemudian ujung-ujung jalur diekstrak koordinatnya. Data koordinat ujung-ujung jalur tersebut kemudian digunakan untuk menentukan koordinat pengambilan foto di tiap jalur sesuai dengan nilai basis udara, overlap, dan sidelap. Pembuatan titik-titik pengambilan data foto dilakukan pada perangkat lunak UgCS (*Universal Ground Control Software*).



Gambar 3 . Pembuatan titik pengambilan foto

3.1.2 Rencana Sebaran Titik Kontrol

Rencana sebaran titik kontrol didasarkan pada konfigurasi titik kontrol (*Ground Control Point – GCP*) yang digunakan. GCP pada dasarnya hanya dibutuhkan 4 titik untuk keseluruhan model namun berdasarkan konfigurasi 6 B dimana nilai B sebesar 13 m, maka diperoleh angka 78 m. GCP dipasang pada tiap rentang 78 m. Sedangkan ICP (*Independent Check Point*) pada suatu model (keseluruhan) harus ada paling tidak 20 titik dan tersebar merata pada model (ASPRS, 2014). Sebaran GCP dan ICP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Distribusi titik kontrol

3.1.3 Survey Pendahuluan

Survey pendahuluan dilakukan untuk mengecek kelayakan lokasi penempatan titik kontrol. Pada dasarnya lokasi titik kontrol dipilih berada pada area dengan tutupan lahan rendah atau terbuka. Hal ini untuk menghindari penampakan *premark* pada foto udara tidak muncul.

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan dua tahapan, antara lain pengambilan data foto udara dan pengambilan data koordinat titik kontrol. Setelah dilakukan pemotretan, setiap selesai misi terbang, dilakukan pengecekan data foto udara untuk melihat ada tidaknya pemotretan ulang apabila ada ketidak lengkapan dan/atau kualitas foto udara tidak memenuhi persyaratan. Proses pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Dokumentasi pemotretan udara

Setelah dilakukan pemotretan udara, dilakukan pengambilan data koordinat titik kontrol. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengamatan GPS (*survei GPS*). *Survei GPS* dilakukan dengan menggunakan *receiver GPS* tipe *Geodetik*. Contoh *premark* dan *survey GPS* dapat dilihat pada Gambar 6.

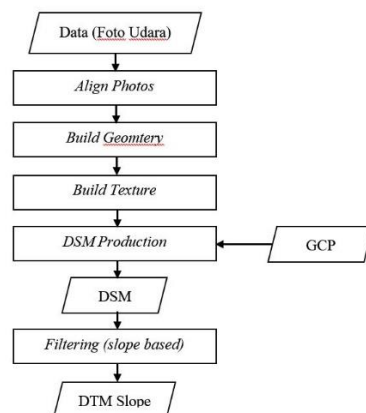


Gambar 6 . *Survei GPS* untuk GCP dan ICP

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara otomatis dan manual. Pengolahan otomatis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan* sedangkan pengolahan manual dilakukan dengan pengamatan stereo pada perangkat lunak *Summit Evolution*.

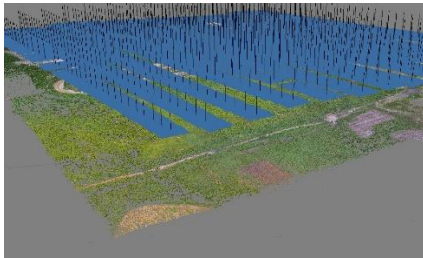
Pengolahan fotogrametri dilakukan dengan beberapa tahapan, yakni *Align Photos*, *Build Geometry*, *Build Texture*, *DSM Production*, dan *DTM Filtering*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 . Diagram alir pengolahan otomatis

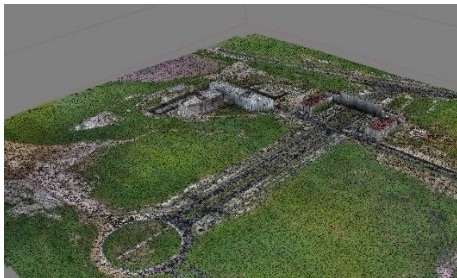
Pada proses *align photos* dilakukan tahapan *automatic tie point* dan *automatic align image*. Tahapan pertama

dilakukan dengan mencari berkas sinar yang sama pada area bertampalan pada tiap model. Tahapan kedua dilakukan dengan merekonstruksi setiap model yang ada menjadi satu kesatuan model berdasarkan data internal kamera dan data dua proses sebelumnya. Hasil dari proses ini berupa *sparse point cloud* dan dapat dilihat pada Gambar 8.



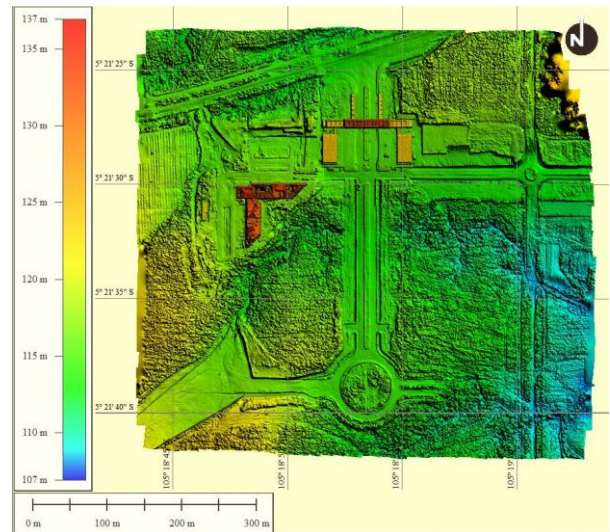
Gambar 8 . Hasil Align Photos

Proses selanjutnya ialah *build geometry*. Pada proses ini dilakukan proses pembuatan model 3D dengan modal nilai Z foto dari pengamatan berkas cahaya yang dilakukan sebelumnya secara otomatis. *Build geometry* menjadi sangat penting karena tahap inilah yang menentukan bentuk 3D dari model elevasi yang akan diproses selanjutnya. Hasil dari proses ini adalah *dense point cloud* yang merupakan bentuk lebih rapat dari *sparse point cloud*. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 . Hasil build geometry

Proses selanjutnya ialah *build texture*, *build DEM*, dan *build orthomosaic*. Pada tahap *build texture* data *dense cloud* ditampilkan dengan foto asli sehingga tampak lebih nyata dan sesuai keadaan aslinya. Hasil akhir pada proses pengolahan secara otomatis adalah model elevasi (DEM) dan foto udara tegak (Orthophoto), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10 . DEM (DSM)



Gambar 11 . Foto tegak

Pengolahan selanjutnya dilakukan dengan mereduksi data DSM menjadi data DTM. Proses ini dilakukan dengan perangkat lunak SAGA-GIS. Pada tahap ini, proses interpolasi dilakukan dengan menggunakan metode B-Spline. Pemilihan B-Spline berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yang et al dengan mencoba 12 metode interpolasi untuk membuat satu DTM, diperoleh bahwa *Radial Basis Function* (RBF) menunjukkan performa terbaik dengan nilai RMS terendah. Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

Interpolation Method	Use Time	Min.	Max.	Mean	STD. Dev.
Inverse Distance to a Power	00:23:06	-110.34	126.19	-0.023	8.227
Kriging	01:55:29	-104.93	128.63	-0.017	3.602
Minimum Curvature	00:02:55	-472.88	510.79	-0.023	10.641
Modified Shepard's Method	00:01:08	-119.6	144.34	-0.016	3.586
Natural Neighbor	00:11:57	-106.65	126.61	-0.019	3.880
Nearest Neighbor	00:01:21	-143.5	175.39	-0.068	8.945
Polynomial Regression	00:00:02	-697.88	956.95	0.304	304.533
Radial Basis Function	02:22:57	-114.57	132.4	-0.016	3.472
Triangulation (Linear)	00:00:06	-106.31	126.76	-0.018	4.061
Moving Average	00:00:10	-83.86	113.16	0.015	13.612
Data Metrics	00:18:08	-138.04	154.02	-1.069	20.638
Local Polynomial	00:25:24	-161.73	149.95	-0.113	20.133

Gambar 12 . Perbandingan 12 metode interpolasi

Selain menggunakan metode otomatis, metode manual dilakukan dengan melakukan pengamatan stereo. Data *spotheight* (titik tinggi) dan *breaklines* (patahan) diambil secara manual pada perangkat lunak Summit Evolution.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

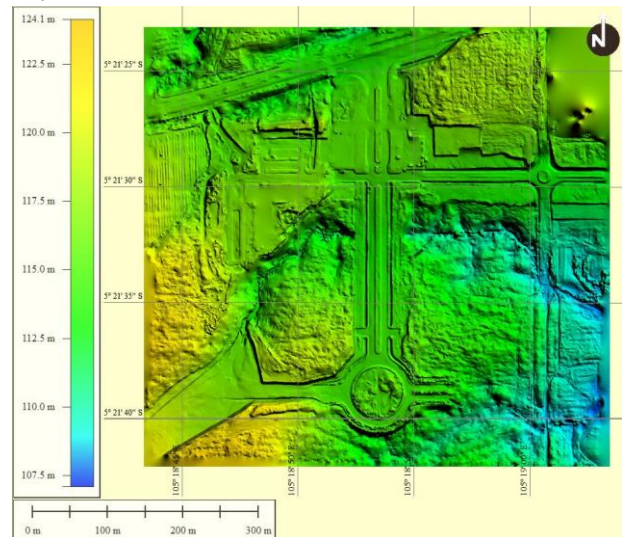
Perbandingan DTM Otomatis dengan DTM Summit akan dilakukan dengan cara *surface-to-surface* dan *point-to-point*. *Surface-to-surface* dilakukan dengan membuat histogram profil ketinggian antara dua model yang kemudian dibandingkan dengan data lapangan. *Point-to-point analysis* dilakukan dengan cara membandingkan 20 titik *photo-point* pada kedua model yang dibandingkan dengan data lapangan. Adapun spesifikasi *photo-point* yang dimaksud terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 . Klasifikasi *photo-point*

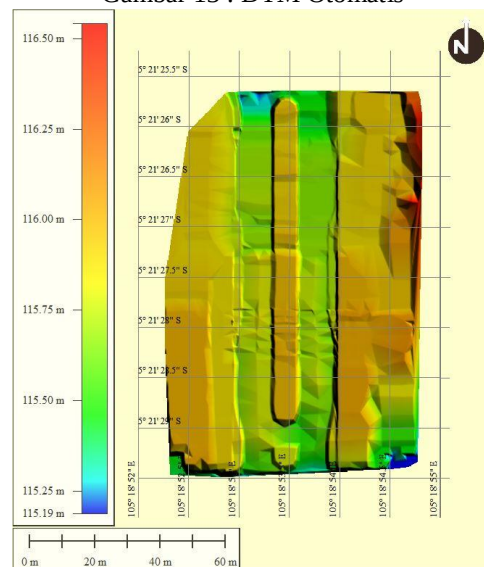
TITIK	KLASIFIKASI	TERBUKA/ TERTUTUP	KEMIRINGAN
	TIPE		
T1	Jalan Aspal	Terbuka	Landai
T2	Jalan Taman Gdg. B	Dekat Pohon	Landai
T3	Tanah dekat Gerbang	Terbuka	Curam
T4	Jalan Aspal	Terbuka	Landai
T5	Jalan Aspal	Terbuka	Landai
GCP-5	Premark	Terbuka	Landai
GCP-21	Premark	Terbuka	Landai
T6	Ujung Jalan Taman	Terbuka	Landai
T7	Jalan Taman Gdg. A	Dekat Bangunan	Landai
GCP-22	Premark	Terbuka	Landai
T8	Ujung Jalan Gdg. A	Dekat Bangunan	Landai
T9	Ujung Jalan Taman Gdg. A	Terbuka	Landai
T10	Taman Gedung	Dekat Bangunan	Landai
KV-3	Premark	Dekat Pohon	Landai
KV-13	Premark	Terbuka	Landai
KV-11	Premark	Terbuka	Landai
T11	Jalan Taman Gdg. A	Dekat Pohon	Landai
T12	Jalan Taman Gdg. A	Dekat Pohon	Landai
T14	Pinggir Jalan Gdg. D	Terbuka	Landai

T15	Ujung Selokan Gdg. D	Terbuka	Curam
-----	----------------------	---------	-------

Hasil dari pengolahan data antara lain DSM Itera, DTM Otomatis, dan DTM Summit. DTM Summit yang diolah secara manual dilakukan hanya pada area kecil di bagian gerbang ITERA karena keterbatasan operator untuk melakukan pengamatan stereo. DSM Itera dapat dilihat pada Gambar 10, DTM Otomatis dapat dilihat pada Gambar 13, dan DTM Manual dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13 . DTM Otomatis



Gambar 14. DTM Manual

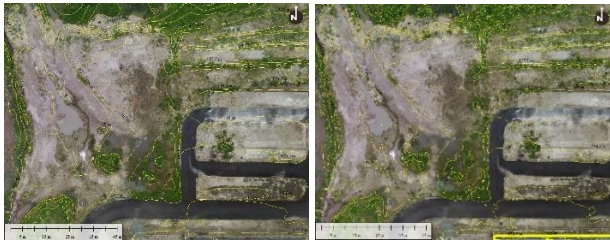
4.1 Perbandingan DTM dengan DSM

Pada perbandingan kali ini dilakukan analisis *surface-to-surface* antara DTM Otomatis dengan DSM Itera. Dilakukan perbandingan pada area bangunan dan area tanah. Perbandingannya dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 . DTM Spline (kiri) dan DSM Itera (kanan)

Terlihat pada gambar bahwa kontur bangunan hilang pada DTM Otomatis.

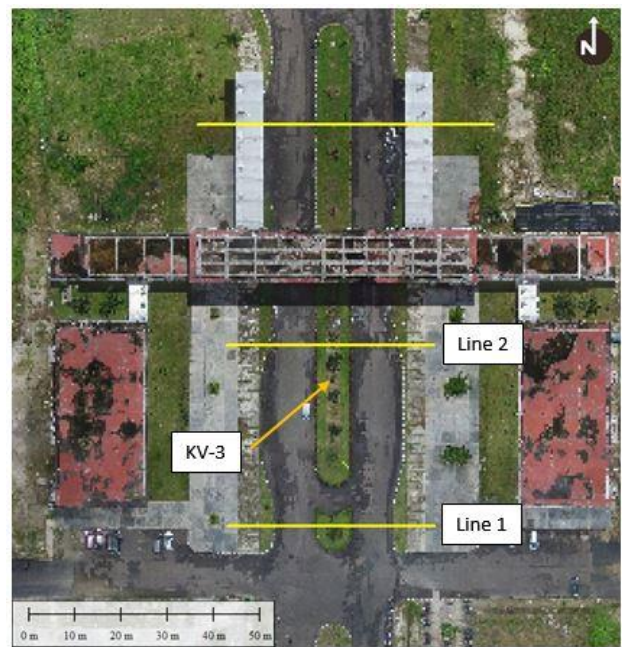


Gambar 16 . DTM Spline (kiri) dan DSM Itera (kanan)

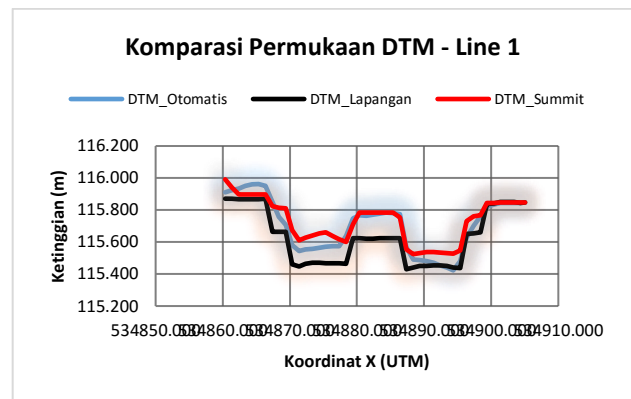
Pada pengamatan di area tanah, tidak terdapat banyak perubahan, artinya proses *filtering* menghasilkan produk yang baik karna mampu mempertahankan permukaan tanah.

4.2 Perbandingan DTM Otomatis dan DTM Summit dengan Data Lapangan

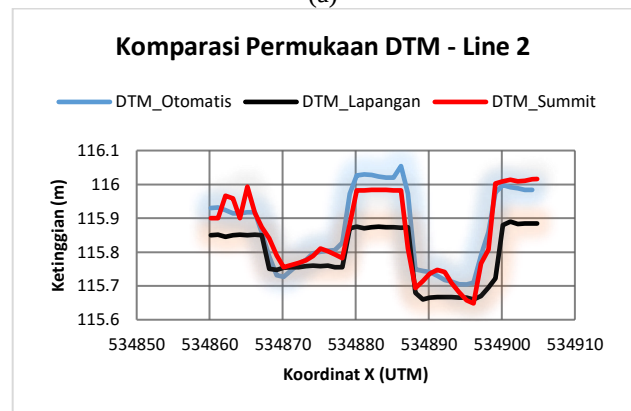
Data lapangan diambil menggunakan *receiver* GPS tipe Geodetik dengan menggunakan metode *Real Time Kinematic* (RTK). Perbandingan pertama yang dilakukan ialah dengan membandingkan permukaan dua model DTM dengan model dari data lapangan. Pengamatan dilakukan dengan membuat histogram untuk melihat kenampakan profil melintang dua model tersebut. Profil melintang tersebut diamati pada dua lokasi berbeda, lokasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 17. Hasil histogram dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 17 . Lokasi pengamatan



(a)



(b)

Gambar 18 . Line-1 (a) dan Line-2 (b); (biru : DTM Otomatis ; merah : DTM Summit)

Gambar 4-12 menunjukkan terdapat perbedaan nilai Z dari tiap data. Perbedaan ini wajar terjadi karena prinsip pemodelan adalah representasi dari nilai nyata (Effendi, 2014). Gambar 4-12 (a) dan (b) menunjukkan bahwa tidak terdapat masalah dari segi sumbu horizontal. Jika dilihat

dari diagram, model yang paling mendekati keadaan sebenarnya adalah model DTM Otomatis.

Selain dengan melihat kenampakan visual secara kualitatif, dilakukan juga pengamatan titik foto sebagai ICP untuk memperoleh data kuantitatif kualitas produk terhadap keadaan sebenarnya. Data spesifikasi titik foto pada Tabel 2. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 . Perbandingan nilai Z DTM Summit dan DTM Otomatis

NAMA	Nilai Z (m)			Selisih (m)	
	Otomatis	Summit	Lap.	Oto.	Sum.
T1	115.605	115.618	115.599	-0.013	0.019
T2	115.926	116.032	115.928	-0.106	0.104
T3	116.385	116.244	116.396	0.141	-0.152
T4	113.897	113.834	113.893	0.063	-0.059
T5	115.184	115.153	115.189	0.031	-0.036
GCP-5	115.854	115.738	115.789	0.116	-0.051
GCP-21	115.914	116.022	115.966	-0.108	0.056
T6	115.278	115.250	115.312	0.028	-0.062
T7	115.957	115.836	115.936	0.121	-0.100
T8	115.843	115.856	115.825	-0.013	0.031
T9	115.912	115.817	115.930	0.095	-0.113
T10	115.925	115.667	115.557	0.258	0.110
T11	115.971	115.888	115.966	0.083	-0.078
T12	115.951	115.910	115.952	0.041	-0.042
KV-3	116.076	115.833	116.125	-0.243	-0.292
T13	114.848	114.758	114.844	0.090	-0.086
KV-13	113.986	113.918	113.927	0.068	-0.009
KV-11	117.277	117.195	117.343	0.082	-0.148
T14	117.267	117.194	117.277	0.073	-0.083
T15	117.213	117.281	117.221	-0.068	0.060
			Modus	0.067	-0.027
			RMSE	0.112	0.104

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini terdapat dua kesimpulan yang dapat diambil, yaitu :

1. UAV dapat diaplikasikan dalam fotogrametri untuk menghasilkan DTM dilihat dari hasil uji produk yang memiliki nilai kesalahan maksimal 20 cm, di bawah batas kesalahan 24 cm dari BIG untuk peta skala 1:1000;
2. Ketelitian DTM terbaik adalah menggunakan metode manual dengan melakukan pengamatan stereo, sebesar 0.027 m.

Terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Pada penelitian ini, proses triangulasi tidak dilakukan secara manual, hanya didasarkan pada hasil pengolahan otomatis (Agisoft PhotoScan), sebaiknya dilakukan percobaan pengolahan manual dengan turut melakukan proses triangulasi udara secara manual agar menghasilkan ketelitian produk yang

lebih tinggi dari yang telah dihasilkan pada penelitian ini;

2. Proses pengolahan secara otomatis dilakukan pada komputer dengan jumlah foto udara yang banyak. Untuk itu diperlukan perangkat keras yang memiliki kemampuan dan performa yang di atas rata-rata. Sebaiknya, dilakukan pengolahan foto udara dibagi per blok foto, menjadi beberapa blok kecil kemudian diolah secara terpisah;
3. Pengambilan foto udara sebaiknya dilakukan pada kondisi (cuaca) yang cerah, untuk meminimalisir kesalahan akibat perbedaan pencahayaan pada masing-masing foto;
4. Tidak melakukan pemotretan udara pada saat angin kencang, kondisi ini dapat menyebabkan anomali *drift and crab*. Kondisi ini akan membuat foto tidak terorientasi dengan benar dan akibatnya pada pengamatan stereo akan sulit mengamati 3D.
5. Sebaiknya, dilakukan pengecekan data setelah selesai melakukan pemotretan. Sistem otak tiruan yang ada pada wahana dan komputer terkadang melakukan kesalahan dan dampaknya bahkan bisa sampai data tidak terekam selama wahana terbang. Hal ini dapat terjadi walaupun laporan pada *ground control station* tidak ada keanehan;
6. Sebaiknya, dilakukan percobaan untuk mengubah konfigurasi GCP, misalnya menjadi 12 B atau 24 B dengan tujuan diperoleh standar keperluan GCP untuk spesifikasi sesuai penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASPRS. (2014). ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. *EDITION 1*, A19.
- Wicaksono, M. B. (2013). *Penurunan Data DTM Menggunakan Data DSM Menggunakan Simple Morphological Filter*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Efford, N. (2000). *Digital Image Processing : A Practical Introduction Using Java*. Pearson Education.
- Eisenbei, H. (2009). *UAV Photogrammetry*. Zurich: IGP-ETH.
- Hui, Z., Hu, Y., Yevenyo, Y. Z., & Yu, X. (2016). An Improved Morphological Algorithm for Filtering Airborne LiDAR Point Cloud Based on Multi-Level Kriging Interpolation. *MDPI : Remote Sensing Article*, 1.